

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



537092

(43) 国際公開日  
2004年7月1日 (01.07.2004)

PCT

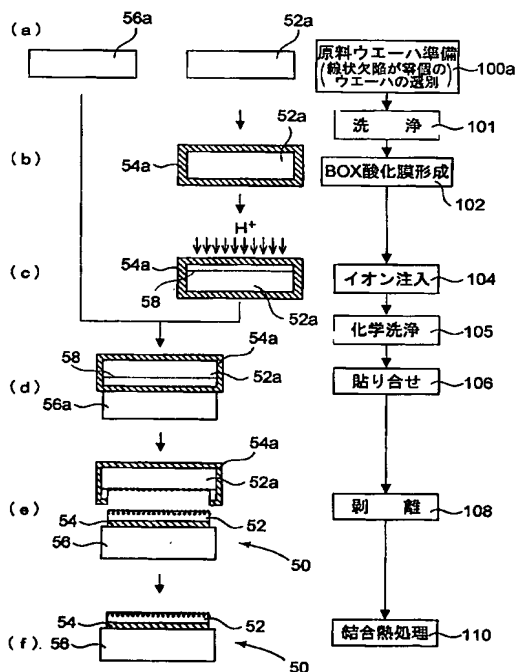
(10) 国際公開番号  
WO 2004/055871 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/02, 21/76, 27/12 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015326 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 市川 雅志 (ICHIKAWA, Masashi) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県 西白河郡 西郷村大字小田倉字大平150 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 小林 武史 (KOBAYASHI, Takeshi) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県 西白河郡 西郷村大字小田倉字大平150 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 岩淵 美保 (IWABUCHI, Miho) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県 西白河郡 西郷村大字小田倉字大平150 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP).  
(22) 国際出願日: 2003年12月1日 (01.12.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願 2002-362937 2002年12月13日 (13.12.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目4番2号 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 石原 韶二 (ISHIHARA, Shoji); 〒170-0013 東京都豊島区東池袋3丁目7番8号 若井ビル302号 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SOI WAFER

(54) 発明の名称: SOI ウェーハの製造方法



(57) Abstract: A method for manufacturing an SOI wafer with high productivity wherein voids are prevented from occurring during the production of the SOI wafer. In a method for manufacturing an SOI wafer wherein at least one of two raw wafers is provided with an insulating layer and bonded with the other wafer without using an adhesive, wafers having no linear defect on the surfaces are used as the raw wafers. In another method for manufacturing an SOI wafer wherein at least one of two raw wafers is provided with an insulating layer and bonded with the other wafer without using an adhesive, the raw wafers are subjected to a high-temperature heat treatment in advance.

(57) 要約: 本発明は、SOI ウェーハを製造する際にボイドの発生を抑え、生産性の高いSOI ウェーハの製造方法を提供する。本発明は、2枚の原料ウェーハのうち、少なくとも一方のウェーハに絶縁層を形成し、他方のウェーハと接着剤を用いずに貼り合わせるSOI ウェーハの製造方法において、該原料ウェーハとしてウェーハ表面に線状欠陥が零個であるウェーハを用いるようにした。また、2枚の原料ウェーハのうち、少なくとも一方のウェーハに絶縁層を形成し、他方のウェーハと接着剤を用いずに貼り合わせるSOI ウェーハの製造方法において、該原料ウェーハをあらかじめ高温熱処理するようにした。

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/055871 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## S O I ウェーハの製造方法

## 5 技術分野

本発明は、S O I 層、絶縁層、及び支持基板で形成された S O I (Silicon on Insulator) ウェーハに関し、特に結合法（貼り合わせ法）による S O I ウェーハの製造方法に関する。

## 10 背景技術

近年、集積回路はその集積度を著しく増し、それに伴い鏡面研磨された半導体単結晶ウェーハ表面の平坦度や平滑度のような加工精度もより厳しい条件が課されるようになった。しかも、性能・信頼性・歩留まりの高い集積回路を得る為には、機械的な精度だけではなく、電気的な特性についても高いことが要請されるようになった。中でも S O I ウェーハについて言えば、理想的な誘電体分離基板なので、主に移動通信機器や医療機器関係で高周波、高速系デバイスとして利用され、今後の大幅な需要拡大が予想されている。

S O I ウェーハは、図 6 に示すように単結晶シリコン層のような素子を形成するための S O I 層 5 2（半導体層や活性層ともいう）が、シリコン酸化膜のような絶縁層 5 4〔埋め込み酸化膜（B O X）層や単に酸化膜層ともいう〕の上に形成された構造をもつ。また絶縁膜 5 4 は支持基板 5 6（基板層ともいう）上に形成され、S O I 層 5 2、絶縁層 5 4、及び支持基板 5 6 が順次形成された構造となっている。

従来、S O I 層 5 2 及び支持基板 5 6 が、例えばシリコン、及び絶縁層 5 4 が、例えばシリコン酸化膜からなる上記 S O I 構造を持つ S O I

ウエーハ 50 の製造方法としては、酸素イオンをシリコン単結晶に高濃度で打ち込んだ後に、高温で熱処理を行い、酸化膜を形成する S I M O X (Separation by implanted oxygen) 法によるものと、2 枚の鏡面研磨したウエーハを、酸化膜を介して接着剤を用いることなく結合し、片方のウエーハを薄膜化する結合法 (貼り合わせ法) がある。

S I M O X 法は、デバイス活性領域となる活性層部 (S O I 層) 52 の膜厚を、酸素イオン打ち込み時の加速電圧で決定、制御できるために、薄層でかつ膜厚均一性の高い活性層を容易に得る事ができる利点があるが、埋め込み酸化膜 (絶縁層) 54 の信頼性や、活性層 52 の結晶性等問題が多い。

一方、ウエーハ結合法は、単結晶のシリコン鏡面ウエーハ 2 枚のうち少なくとも一方に酸化膜 (絶縁層) 54 を形成し、接着剤を用いずに貼り合わせ、次いで熱処理 (通常は 1100℃～1200℃) を加えることで結合を強化し、その後片方のウエーハを研削や湿式エッチングにより薄膜化した後、薄膜の表面を鏡面研磨して S O I 層を形成するものである。埋め込み酸化膜 (絶縁層) 54 の信頼性が高く S O I 層 52 の結晶性も良好であるという利点がある。しかし、このようにして貼り合わされた S O I ウエーハ 50 は研削や研磨により機械的な加工を行い薄膜化しているため、得られる S O I 層 52 の膜厚およびその均一性に限界がある。

また最近 S O I ウエーハの製造方法として、イオン注入したウエーハを結合及び分離して S O I ウエーハを作製する方法が新たに注目され始めている。この方法はイオン注入剥離法などとも言われ、図 7 に示すように 2 枚のシリコンウエーハのうち、少なくとも一方のシリコンウエーハに酸化膜 (絶縁層) を形成すると共に、一方のシリコンウエーハの上面から水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、該ウエーハ内部に微小

気泡層（封入層）を形成させた後、該イオンを注入した方の面を、酸化膜を介して他方のシリコンウエーハと密着させ、その後熱処理を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウエーハを薄膜状に分離し、さらに熱処理を加えて、強固に結合してSOIウエーハとする技術（特開平5-211128号参照）である。そして、該劈開面は良好な鏡面であり、SOI層52の膜厚の均一性も高いSOIウエーハ50が比較的容易に得られている。

このイオン注入剥離法について、図7にその主な工程の1例を示してさらに詳細に説明する。まず、2枚の原料ウエーハとして支持基板56となるベースウエーハ56aとSOI層52となるボンドウエーハ52aを準備する（図7（a）、ステップ100）。これらのウエーハとしては、例えば鏡面研磨されたシリコン単結晶ウエーハが用いられる。

このボンドウエーハ52aの表面には後に埋め込み酸化膜（絶縁層）となる酸化膜54aを形成する〔図7（b）、ステップ102〕。これは例えばシリコン単結晶ウエーハであるボンドウエーハ52aに対して熱酸化を施すことによりボンドウエーハ52aの表面にシリコン酸化膜を形成すればよい。なお、酸化膜の形成はボンドウエーハ52aの表面ではなく、ベースウエーハ56aの表面に行っても良い。図示例ではボンドウエーハ52a側に酸化膜54aを形成した例で説明する。

次に該酸化膜54aの上からボンドウエーハ52aに水素イオンを注入し、微小気泡層（封入層）58を形成する〔図7（c）、ステップ104〕。

その後、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  混合液等により化学洗浄を実施しても良い（ステップ105）。 $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  混合液は、ウェット洗浄の分野ではSPM（Sulfuric acid-Hydrogen Peroxide Mixture）の略称で知られ、有機汚染物質の除去に用いられる洗浄液である。

次に、微小気泡層（封入層）58を形成したボンドウエーハ52aのイオン注入をした方の面の酸化膜を介して、ベースウエーハ56aと室温で密着させる〔図7（d）、ステップ106〕。

次に500℃以上の熱処理（剥離熱処理）を加えることによりボンドウエーハ52aの一部分を封入層58より剥離することによってボンドウエーハ52aを薄膜化し〔図7（e）、ステップ108〕、次いで結合熱処理〔図7（f）、ステップ110〕を施して該薄膜化したボンドウエーハ52aとベースウエーハ56aとを該酸化膜54aを介して強固に結合することによってSOI構造を持つウエーハ50が作製される。

上記した貼り合わせ法を用いて製造されたSOIウエーハ50は、この段階では支持基板56の一主表面に絶縁膜（層）54とSOI層52がそれぞれ分離して順次積層された構造の断面形状を有する。

また、絶縁層54とSOI層52は、図6に示すように支持基板56に対して数mm程度、通常3mm程度小径となるのが一般的である。

また、SOIウエーハ50の原材料となるシリコン等のウエーハは、一般的に単結晶製造装置によって製造された単結晶棒（インゴット）をスライスして薄円板状のウエーハを得るスライス工程と、該スライス工程で得られたウエーハの割れや欠けを防ぐためにその外周エッジ部を面取りする面取り工程と、面取りされたウエーハをラッピングしてこれを平坦化するラッピング工程と、面取りおよびラッピングされたウエーハ表面に残留する加工歪を除去するエッチング工程と、エッチングされたウエーハの表面を研磨布に摺接させて粗研磨する一次鏡面研磨工程と、一次鏡面研磨されたウエーハの該表面を仕上げ鏡面研磨する仕上げ鏡面研磨工程と、仕上げ鏡面研磨されたウエーハを洗浄してウエーハに付着した研磨剤や異物を除去する最終洗浄工程から成る。これらの工程を基本とし、更にドナーキラー熱処理等の工程が加わったり、同一工程を複

数回実施したり、工程順を工夫したりしてウエーハが製造される。

5 SOI ウエーハを用いデバイスを製造するにあたり、デバイスの歩留まりが低下するという問題があった。この原因について鋭意調査したところ、SOI 層及び酸化膜にボイドと呼ばれる欠陥が発生し歩留まりの低下につながると考えられた。

ボイド 70 とは、図 4 に示すように SOI 層又は絶縁層に孔があいた状態のものである。

#### 発明の開示

10 本発明は、上記した問題に鑑みてなされたもので、SOI ウエーハを製造する際にボイドの発生を抑え、生産性の高い SOI ウエーハの製造方法を提供することを主たる目的とする。

上記課題を解決するため、ボイドの発生原因について鋭意調査したところ、SOI ウエーハのボンドウエーハとして用いている原料ウエーハの品質がボイドの発生に影響していることが明らかとなった。特にボン  
15 ドウエーハ表面に存在する線状の欠陥が問題であることがわかった。従来ボンドウエーハの原材料となるシリコンウエーハには、種々の欠陥が観察されており、その代表的な欠陥として COP が有名である。COP も一種のピット状の欠陥であるが、COP はボイドの発生にそれほど影  
20 響が無いことが明らかとなっている。本発明者らが鋭意調査したところ、原料ウエーハにはその他の特徴的な欠陥が数多く存在することが明らかとなり、その中でも線状の欠陥が存在する部分がボイドとなって現れやすいことが明らかとなった。またこの線状の欠陥は研磨工程後に生じる線状欠陥であった。

25 線状欠陥 80 とは、特にコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で好適に観察される欠陥で、特徴としては COP 等の結晶欠陥と異なり、図

3に示すように高さが数nmで長さが概ね0.5 $\mu$ m以上の線状をした欠陥である。この線状欠陥80は、主に加工起因の欠陥と考えられている。コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で観察するとこの欠陥から得られる画像データは、左側が明るく右側が暗い画像パターンでかつ微小欠陥が直線状にならんだ形で観察することができ、画像パターン、形状（直線状）、その長さに特徴がある欠陥である。このような形態の欠陥は他の検査方法、例えば通常のパーティクルカウンタ測定でも測定可能である。しかし、この線状欠陥はCOPとの分離が困難で、AFM等を併用して観察しないと検出が困難であるが、コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡では容易に識別できる。なお、この線状欠陥をオージェ分析したところ、Ni等の重金属が検出されている。

本発明のSOIウエーハの製造方法の第1の態様は、2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハ（ボンドウエーハ）に絶縁層を形成し、他方のウエーハ（ベースウエーハ）と接着剤を用いずに貼り合わせるSOIウエーハの製造方法において、該原料ウエーハとしてウエーハ表面に線状欠陥が零個であるウエーハを用いることを特徴とする。

上述した線状欠陥の原因を鋭意調査した結果、この欠陥は主に研磨工程で発生する欠陥であることが明らかになった。研磨工程後は通常は仕上げ洗浄及び乾燥を行い容器に収納され、その後SOIウエーハの製造工程に供給されるため、研磨工程後にはほとんど品質は変化しない。そのため研磨工程でこのような線状欠陥が存在すると、そのままSOIウエーハの原料ウエーハとして使用されてしまう。このような欠陥が存在するとボイドの発生につながりやすい。従ってこのような線状欠陥がない、またはできるだけ少ないウエーハを原料ウエーハとして用いる必要がある。線状欠陥は少なければ少ないほど好ましく完全に存在しないことが好ましい。



なお、2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハ（ボンドウエーハ）に絶縁層を形成し、他方のウエーハ（ベースウエーハ）と接着剤を用いずに貼り合わせるSOIウエーハの製造方法としては、2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハに絶縁層を形成すると共に、一方のウエーハ（ボンドウエーハ）の上面から水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、該ウエーハ内部に微小気泡層を形成させた後、該イオンを注入した方の面を、該絶縁膜を介して他方のウエーハ（ベースウエーハ）と密着させ、その後熱処理を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウエーハを薄膜状に分離し、さらに熱処理を加えて、強固に結合することによってSOIウエーハを製造する貼り合わせSOIウエーハの製造方法を採用するのが好適である。

ボイドの発生原因としては、図5に示すように、ベースウエーハ56a及び／又はボンドウエーハ52aに比較的大きな線状欠陥80が存在した場合〔図5（a）〕、このボンドウエーハ52aに酸化膜54aを形成した際、酸化膜54aの特性の劣化、または酸化膜54a自体の平坦度（均一性）が悪化し〔図5（b）（c）〕、その状態でベースウエーハ56aを貼り合わせることになり〔図5（d）〕、この線状欠陥80が存在していた部分の酸化膜54aの接着が弱くボイド70となってしまうと考えられる〔図5（e）（f）〕。従って、この線状欠陥80は結合法（貼り合わせ）によるSOIウエーハの製造方法で特に影響のある欠陥である。特に上記のような水素イオンを注入し、ウエーハ内部に微小気泡層58を形成させた後、貼り合わせ剥離する方法では、ボイド70の発生が顕著であり、このような欠陥のないウエーハを用い製造する効果が大きい。更にこの方法は、特に高品質の薄膜SOIウエーハを製造するために用いられるので好適である。

原料ウエーハとして、ベースウエーハ及びボンドウエーハのどちらに

もこのような線状欠陥が無い事が好ましいが、特に酸化膜を形成する側のウエーハに線状欠陥がないほうが良い。

研磨工程で用いる研磨剤等の研磨条件を工夫することによっても線状欠陥を低減することが可能である。従って、このような欠陥のない原材料ウエーハはS O I ウエーハの原材料となるウエーハ表面の線状欠陥を5 検査し、線状欠陥の存在しないウエーハを選別し使用すればよい。研磨条件等により線状欠陥の発生頻度は異なる為、研磨工程毎にコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡を用いウエーハを検査し、線状欠陥のないウエーハを選別し、S O I ウエーハの製造に用いることが好ましい。

- 10 また、線状欠陥の存在しないウエーハを積極的に得るには、例えば高温熱処理を行うことによって無くす事ができる。そこで本発明のS O I ウエーハの製造方法の第2の態様は2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハ（ボンドウエーハ）に絶縁層を形成し、他方のウエーハ（ベースウエーハ）と接着剤を用いずに貼り合わせるS O I ウエーハの製造方法において、該原料ウエーハをあらかじめ高温熱処理すること15 を特徴とする。

- 高温熱処理の条件としては、1100℃以上の高温で熱処理する。特に1100℃～1350℃の範囲が好ましい。1000℃では十分に線状欠陥が消滅しない場合があり1100℃以上とすることで安定して線20 状欠陥を消去できる。上限は特に限定するものではなく融点以下であれば実施は可能であるが融点に近づくほどスリップが多発する等の他の問題が生じやすいため1350℃以下の処理が好ましい。熱処理時間も線状欠陥の発生状況により適宜設定すれば良いが10分以上とし、生産性の観点から長くとも40時間実施すれば十分である。通常1200℃の25 温度であれば1時間程度の熱処理で良い。雰囲気ガスとしては窒素雰囲気気などでも可能であるが、アルゴン雰囲気気又は水素雰囲気気で処理するの

が好ましい。このような高温熱処理により容易に線状欠陥を無くすることができる。

このような方法であれば線状欠陥が 0（零）個となりボイドの発生を低減でき歩留まりの良い S O I ウェーハを製造することができる。

5

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の S O I ウェーハの製造方法の第 1 の態様の工程順を模式図とともに示すフローチャートである。

図 2 は、本発明の S O I ウェーハの製造方法の第 2 の態様の工程順を  
10 模式図とともに示すフローチャートである。

図 3 は、実験例 1 においてコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で観察したボンドウェーハ面の線状欠陥の 1 例を示す顕微鏡写真である。

図 4 は、実験例 1 においてコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で観察した S O I ウェーハ面のボイドの 1 例を示す顕微鏡写真である。

15 図 5 は、実験例 1 における S O I ウェーハの製造工程を示すフローチャートである。

図 6 は、S O I ウェーハの製造の 1 例を示す説明図であって、（a）は上面説明図、（b）は断面説明図である。

図 7 は、従来一般的な S O I ウェーハの製造方法の工程順の一例を  
20 模式図とともに示すフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明するが、図示例は例示的に示されるもので、本発明の技術思想から逸脱しない限り種々の変形が可能なことはいうまでもない。  
25

図 1 は本発明の S O I ウェーハの製造方法の第 1 の態様の工程順を模

式図とともに示すフローチャートである。図2は本発明のSOIウエーハの製造方法の第2の態様の工程順を模式図とともに示すフローチャートである。本発明では、前述した図7に示した従来のSOIウエーハの製造工程において、貼り合わせに用いるボンドウエーハやベースウエーハの原料となるウエーハの線状欠陥を管理し貼り合わせを行うものである。

SOI構造を形成するには、図7に示した従来工程と同様に、まず、原料ウエーハとして支持基板56となるベースウエーハ56aとボンドウエーハ52aを用意する（図1（a）、ステップ100a、及び図2（a）、ステップ100b）。これらは上述したようにいずれも鏡面研磨されたシリコン単結晶ウエーハである。特に本発明では、原料ウエーハには線状欠陥が零個であるウエーハを用いSOIウエーハを製造する。

線状欠陥が零個の原料ウエーハは、例えば、図1（a）のようにSOIウエーハの原料となるウエーハ表面の線状欠陥をコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡により検査し、線状欠陥の存在しないウエーハを選別して使用する。

この時、本発明の第2の態様の構成のように、鏡面研磨ウエーハを高温熱処理したウエーハを用いると好ましい。図2によって説明すれば、鏡面研磨処理によって得られたウエーハ40を準備する〔図2（a-1）、ステップ98〕。この鏡面研磨ウエーハ40には線状欠陥80が発生していることがある。この鏡面研磨ウエーハ40に対して高温熱処理を加える〔図2（a-2）、ステップ99〕。高温熱処理は1100℃以上の高温で行う。1000℃程度の熱処理では十分に線状欠陥を消滅させることが難しい。特に1200℃、1時間以上の熱処理が好ましい。雰囲気ガスは特に限定するものではないが、アルゴン雰囲気又は水素雰囲気で処理するのが好ましい。このような高温熱処理により容易

に線状欠陥 8 0 は低減できる。

これにより研磨後、ウエーハ表面に線状欠陥 8 0 が発生していたとしても、これを消滅させ、ウエーハ表面に線状欠陥 8 0 が存在しない原料ウエーハ 4 2 となる〔図 2 (a-2)〕。次にコンフォーカル光学系の  
5 レーザー顕微鏡を用いボンドウエーハ 5 2 a 及びベースウエーハ 5 6 a に線状欠陥 8 0 が存在しないことを確認する。

なお、上記工程は好ましい例を例示したものであり、高温熱処理を行った場合、このようなコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡による識別は必ずしも必要ではない。高温熱処理を行うことによって研磨工程で  
10 線状欠陥が発生していたとしても消滅することができ、線状欠陥が略 0 (零) 個の原料ウエーハが準備できる。

同様に研磨工程等を工夫し、線状欠陥のないウエーハを製造すれば、そのまま使えるし、線状欠陥の発生頻度が少ない工程では、コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡でウエーハを選別し（その後高温熱処理等  
15 を行わないで）SOI ウエーハの原料ウエーハとしても良い。

このような原料ウエーハを用い、後は従来の SOI ウエーハの製造を行えば良い。つまり SOI ウエーハを製造する為には、まずこのボンドウエーハの表面に埋め込み酸化膜（絶縁層）となる酸化膜を形成する〔図 1 (b)、図 2 (b)、ステップ 1 0 2〕。これは例えば熱酸化に  
20 よりシリコン酸化膜 5 4 a を形成する。なお、酸化膜 5 4 a の形成はボンドウエーハ 5 2 a の表面ではなく、ベースウエーハ 5 6 a 側のウエーハに行っても良い。本例ではボンドウエーハ 5 2 a 側に酸化膜 5 4 a を形成した例で説明する。

次に該酸化膜 5 4 a の上からボンドウエーハ 5 2 a に水素イオンを注入し、微小気泡層（封入層）5 8 を形成する〔図 1 (c)、図 2 (c)、  
25 ステップ 1 0 4〕。

## 1 2

その後、化学洗浄を行う（ステップ105）。化学洗浄は従来から知られているRCAや $H_2SO_4-H_2O_2$ 混合液等により洗浄を実施しても良い。 $H_2SO_4-H_2O_2$ 混合液は、ウェット洗浄の分野ではSPMの略称で知られ、有機汚染物質の除去に用いられる洗浄液である。

- 5      次に、微小気泡層（封入層）58を形成したボンドウエーハ52aのイオン注入をした面の酸化膜54aを介して、ベースウエーハ56aと室温で密着させる〔図1（d）、図2（d）、ステップ106〕。

- 次に500℃以上の熱処理（剥離熱処理）を加えることによりボンドウエーハ52aを封入層58より剥離することによって薄膜化し〔図1  
10      （e）、図2（e）、ステップ108〕、次いで結合熱処理〔図1（f）、図2（f）、ステップ110〕を施して強固に結合することによってSOI構造を持つウエーハ50が作製される。

- 図1（f）及び図2（f）に示されるように、上記した貼り合わせ法を用いて製造されたSOIウエーハ50は、この段階では支持基板56  
15      の一主表面に絶縁膜（層）54とSOI層52がそれぞれ分離して順次積層された構造の断面形状を有する。また、貼り合わせられる2枚の鏡面研磨ウエーハ表面の外周部には研磨ダレと呼ばれる領域が存在し、その部分は結合が不十分となるため除去されるため、図6に示したように、絶縁層54とSOI層52は、支持基板56に対して数mm程度小径と  
20      なるのが一般的である。

- また、更に上記SOI構造を有するウエーハ50のSOI層52の表面を改質及びSOI層52の厚さを制御することがある。例えば、得られたSOI構造を持つウエーハ50のSOI層52表面（剥離面）には水素イオン注入によるダメージが残留しているので、通常はタッチポリ  
25      シュと呼ばれる研磨代の少ない研磨を行ってダメージ層を除去する。また、タッチポリッシュの代替として、アルゴンガス雰囲気下での熱処

理を行ったり、SOI層52の膜厚を薄くするため熱酸化と酸化膜除去をおこなう犠牲酸化処理を行ったり、あるいはこれらを適宜組み合わせることによって、表面にダメージのない薄膜のSOI層52を有するSOIウエーハ50を作製する場合もある。

## 5 実施例

以下に実施例をあげて本発明をさらに具体的に説明するが、これらの実施例は例示的に示されるもので限定的に解釈されるべきでないことはいうまでもない。

### (実験例1)

- 10 以下、線状欠陥の影響を模式的に示しながら、従来のSOIウエーハの製造方法について図3～図5を参照し説明する。まず、CZ法で作製された直径300mm、p型、方位〈100〉、抵抗率 $10\Omega\cdot\text{cm}$ の鏡面研磨されたシリコンウエーハをベースウエーハ56a及びボンドウエーハ52aとして用意した〔図5(a)、ステップ100〕。この原料ウエーハは、面内に100個程度の線状欠陥が観察されているウエーハである。線状欠陥は直径 $0.5\mu\text{m}$ 以上であった。図3に示すように通常 $2\sim3\mu\text{m}$ 程度の欠陥として観察される。

- 15 20 なお、線状欠陥の観察は、コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で行った。このコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡はレーザーテック社製MAGICSを用いた。

このようなウエーハを用い、ボンドウエーハ52aの表面に熱酸化により膜厚150nmの酸化膜54aを形成した〔図5(b)、ステップ102〕。更に水素イオンを注入し封入層58を形成した〔図5(c)、ステップ104〕。次にSPM洗浄を行った(ステップ105)。

- 25 次にボンドウエーハ52aのイオン注入をした面とベースウエーハ56aとを室温で密着させた〔図5(d)、ステップ106〕。更に窒素

雰囲気下で500℃、30分間の剥離熱処理を加えて、ボンドウエーハ52aを剥離・薄膜化し、厚さ約250nmのSOI層を得た〔図5(e)、ステップ108〕。

その後、窒素雰囲気下で1100℃、2時間の結合熱処理を加えてSOI層を強固に結合し、SOI構造を有するウエーハ50を作製した〔図5(f)、ステップ110〕。

次に、SOI層52の面粗さや歪みを除去するため、アルゴンガス雰囲気による熱処理を行った。これは縦型のヒーター加熱式熱処理装置（バッチ炉）を用いアルゴンガス雰囲気下で1200℃、1時間の熱処理を行っている。これによりイオン注入で生じたダメージやSOI層表面の粗さがある程度改善される。次に更にSOI層52の表面の品質を改善するため、CMP研磨装置によりSOI層52を研磨、更にSOI層52を犠牲酸化、つまりSOI層52中のシリコンを酸化し酸化膜を形成し、それをフッ酸により処理することで、最終的にSOI層52が約150nm程度のSOIウエーハ50を製造した。

このようにSOIウエーハ50を製造した後、前記線状欠陥80が観察された位置の同点観察を行った結果、この線状欠陥80が存在した部分に図4に示すような5μm以上のボイド70が観察された。ボイド70は全体として、約200個／ウエーハ観察された。図5に模式的に示すように線状欠陥80が存在していた部分の酸化膜54aの接着が弱くボイド70となってしまうと考えられる

（実施例1）

図2に示す本発明方法の製造工程によってSOIウエーハ50を製造した。まず、CZ法で作製された直径200mm、p型、方位〈100〉、抵抗率10Ω・cmの鏡面研磨されたシリコンウエーハを用意した〔図2(a-1)、ステップ98〕。



この原料ウエーハを初めに高温熱処理した〔図2(a-2)、ステップ99〕。高温熱処理は、縦型のヒーター加熱式熱処理装置（バッチ炉）を用い100%アルゴン雰囲気中、1200℃、1時間の熱処理を行った。この時、1000℃までの昇温速度は5℃/分、その後、1200℃までは2℃/分とし、降温速度は2℃/分で行った。

コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡でウエーハ表面の線状欠陥を検査し、線状欠陥の存在しないことを確認した。この線状欠陥の存在しないウエーハをベースウエーハ56a及びボンドウエーハ52aとして用意した〔図2(a)、ステップ100〕。

10 ボンドウエーハ52aの表面に熱酸化により膜厚150nmの酸化膜を形成した〔図2(b)、ステップ102〕。更に水素イオンを注入し封入層を形成した〔図2(c)、ステップ104〕。次に化学洗浄としてSPM洗浄を行った（ステップ105）。

次にボンドウエーハ52aのイオン注入をした面とベースウエーハ56aとを室温で密着させた〔図2(d)、ステップ106〕。更に、窒素雰囲気下で500℃、30分間の剥離熱処理を加えて、ボンドウエーハを剥離・薄膜化し、厚さ約250nmのSOI層を得た〔図2(e)、ステップ108〕。その後、窒素雰囲気下で1100℃、2時間の結合熱処理を加えてSOI層を強固に結合し、SOI構造を有するウエーハ  
20 を作製した〔図2(f)、ステップ110〕。

次に、SOI構造を形成後、SOI層52の面粗さや歪みを除去するため、アルゴンガス雰囲気による熱処理を行った。これは縦型のヒーター加熱式熱処理装置（バッチ炉）を用いアルゴンガス雰囲気下で1200℃、1時間の熱処理を行っている。これによりイオン注入で生じたダメージやSOI層52表面の粗さがある程度改善される。次に更にSOI層52の表面の品質を改善するため、CMP研磨装置によりSOI層

52を研磨し、更にSOI層52を犠牲酸化することで、最終的にSOI層52が約150nm程度のSOIウエーハ50を製造した。

得られたSOIウエーハ50のボイドを観察した。その結果、ボイドは80個程度観察された。ボイドの発生には線状欠陥以外の要因も考えられ、完全にはボイドの発生を抑えられなかったものの、線状欠陥が無いウエーハを用いれば、線状欠陥が存在するウエーハに比べ、はるかにボイドの発生率を低下できることが明らかになった。このようなSOIウエーハを用いデバイスの製造をすれば歩留まりが向上する。

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、上記実施例で示した製造工程は例示列挙したにとどまり、貼り合わせ工程を有するSOIの製造方法であれば、この他に洗浄、熱処理等種々の工程が付加したものでもよく、また工程順の一部変更、更には研磨などの工程の一部を省略した工程など目的に応じ適宜工程は変更使用することができる。特にSOI層の厚さを制御する工程などは特に限定されない。

## 20 産業上の利用可能性

以上述べたごとく、本発明によれば線状欠陥が零個のウエーハを用いSOIウエーハを製造する為、ボイドの発生が著しく少なくなり歩留まりの良いSOIウエーハを高い生産性で生産することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハに絶縁層を形成し、他方のウエーハと接着剤を用いずに貼り合わせるS O I ウエーハの製造方法において、該原料ウエーハとしてウエーハ表面に線状欠陥が零個であるウエーハを用いることを特徴とするS O I ウエーハの製造方法。
2. 2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハに絶縁層を形成し、他方のウエーハと接着剤を用いずに貼り合わせるS O I ウエーハの製造方法において、該原料ウエーハをあらかじめ高温熱処理することを特徴とするS O I ウエーハの製造方法。
3. 前記高温熱処理を1100℃以上の高温で実施することを特徴とする請求項2記載のS O I ウエーハの製造方法。
4. 2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハに絶縁層を形成し、他方のウエーハと接着剤を用いずに貼り合わせるS O I ウエーハの製造方法が、2枚の原料ウエーハのうち、少なくとも一方のウエーハに絶縁層を形成すると共に、一方のウエーハの上面から水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、該ウエーハ内部に微小気泡層を形成させた後、該イオンを注入した方の面を、該絶縁膜を介して他方のウエーハと密着させ、その後熱処理を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウエーハを薄膜状に分離し、さらに熱処理を加えて、強固に結合することによってS O I ウエーハを製造する方法であることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載のS O I ウエーハの製造方法。
5. S O I ウエーハの原料となるウエーハ表面の線状欠陥を検査し、線状欠陥の存在しないウエーハを選別し使用することを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載のS O I ウエーハの製造方法。

6. 前記線状欠陥の検査をコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡を用い実施することを特徴とする請求項5記載のSOIウエーハの製造方法。

図 1

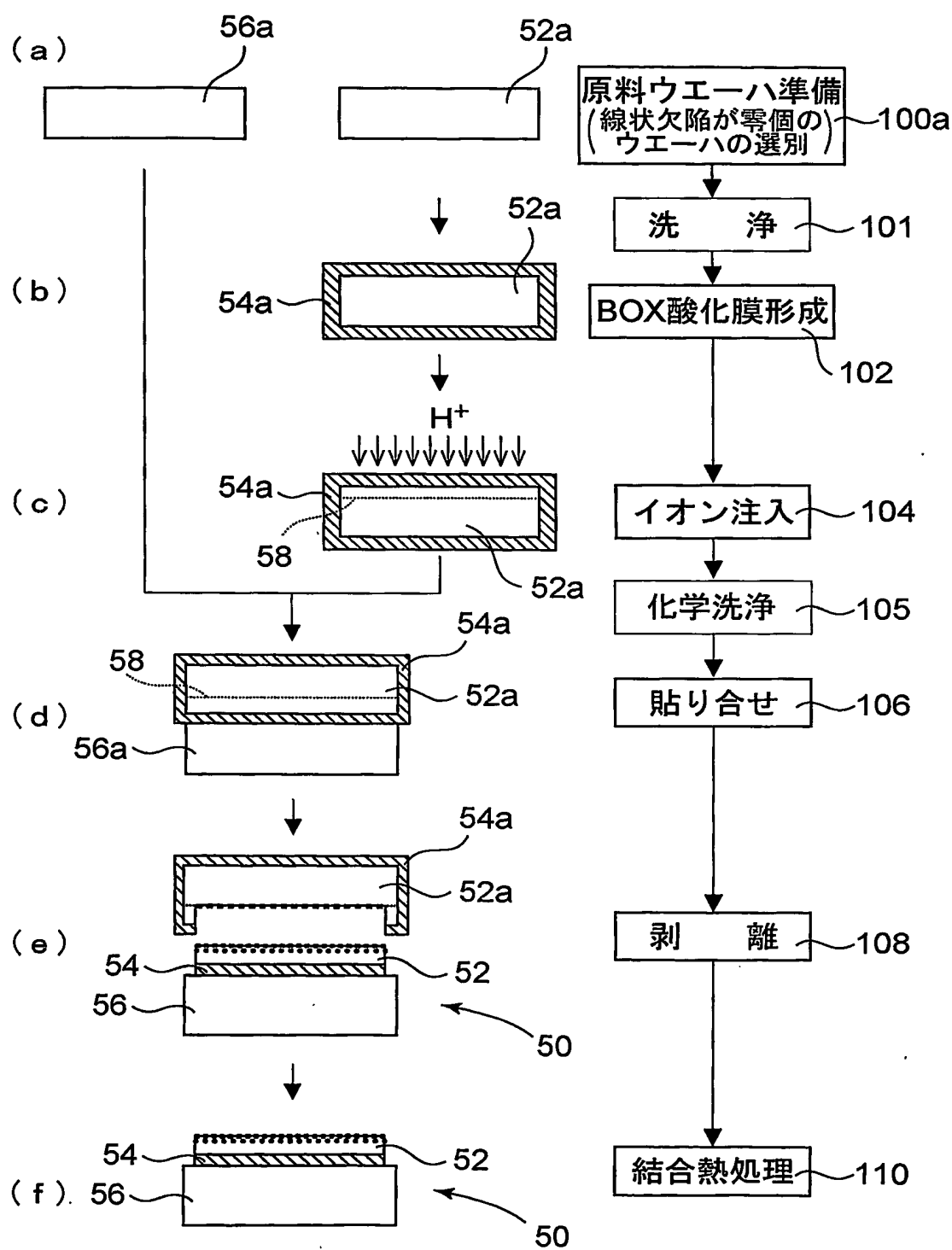
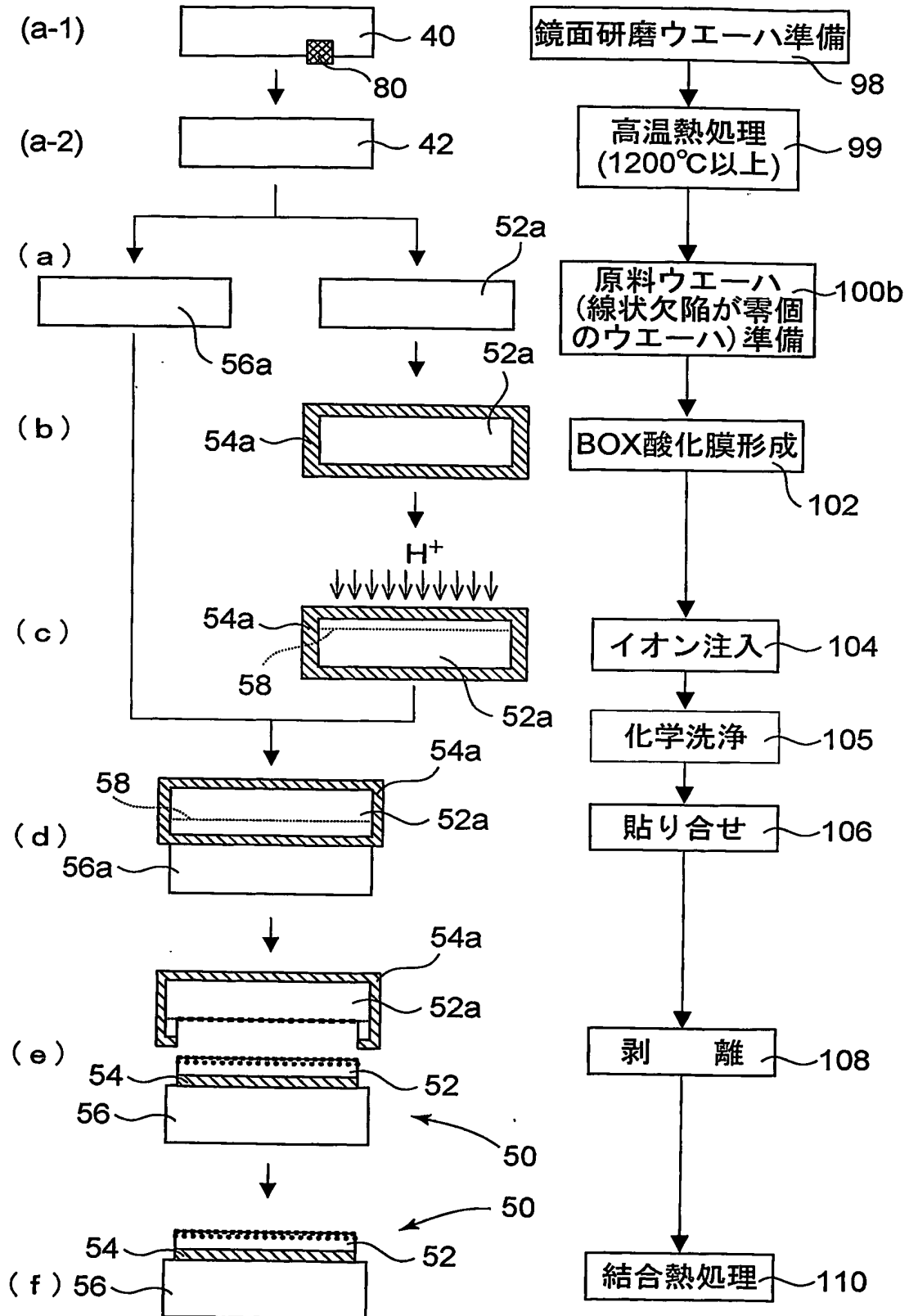


図 2



3 / 6

図 3

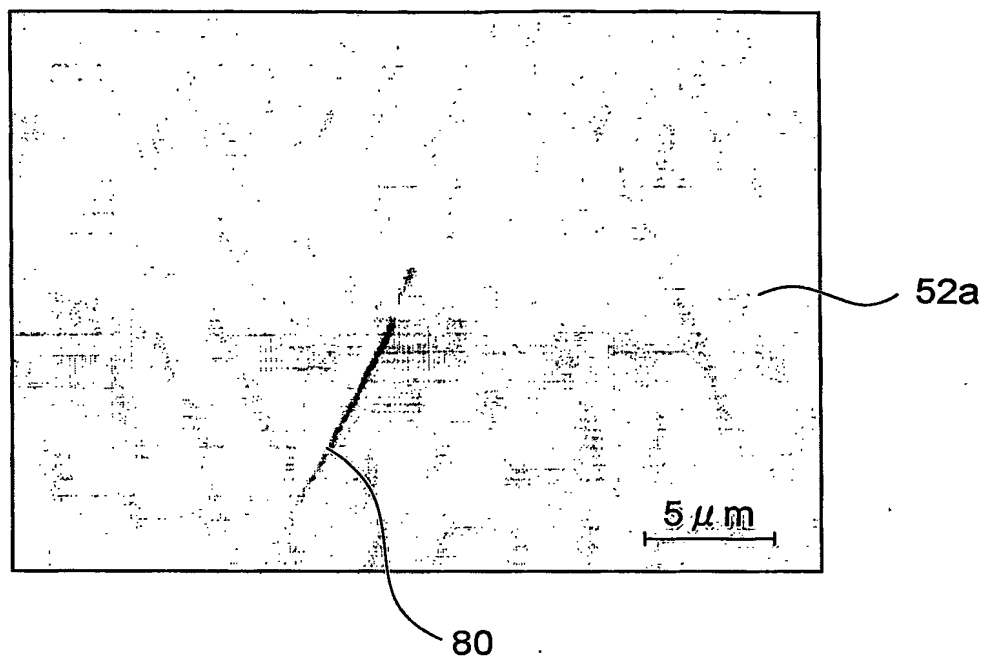


図 4

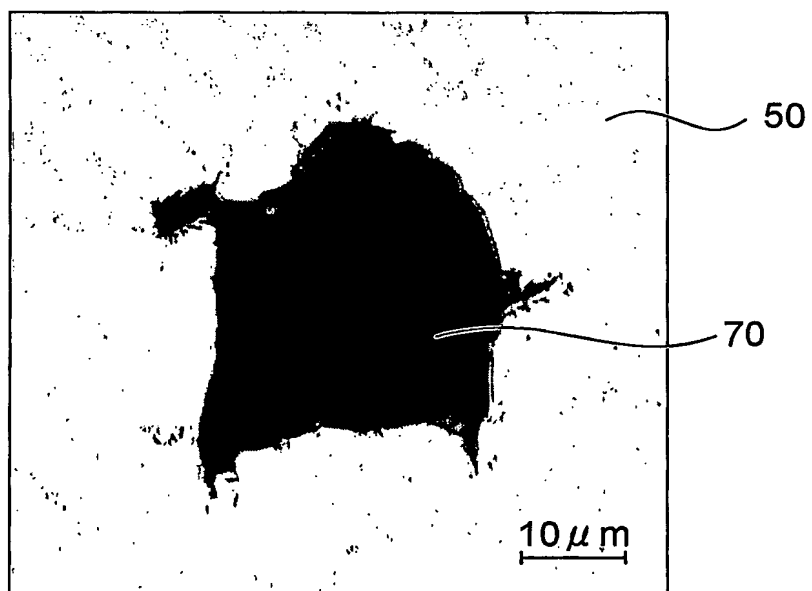


図 5

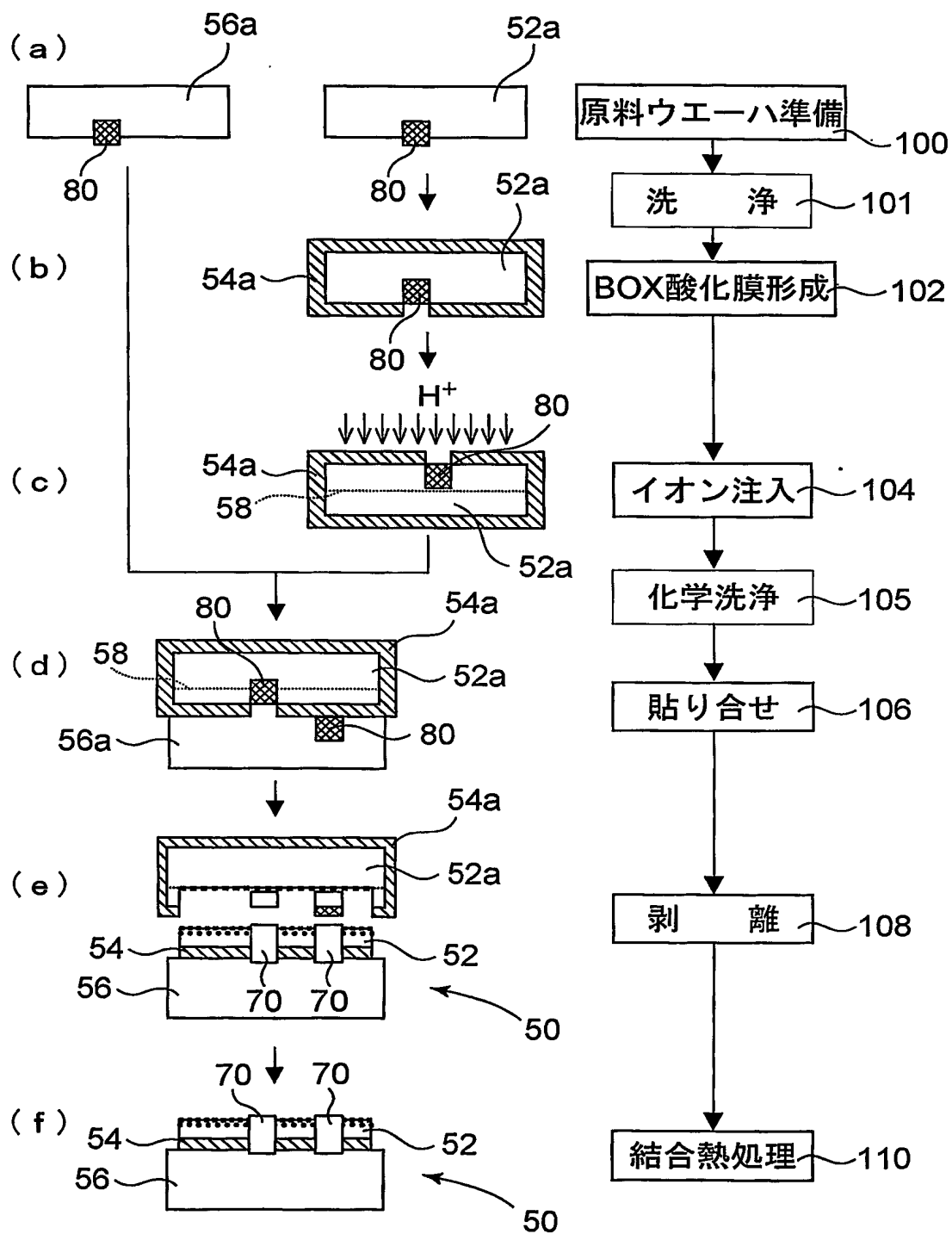
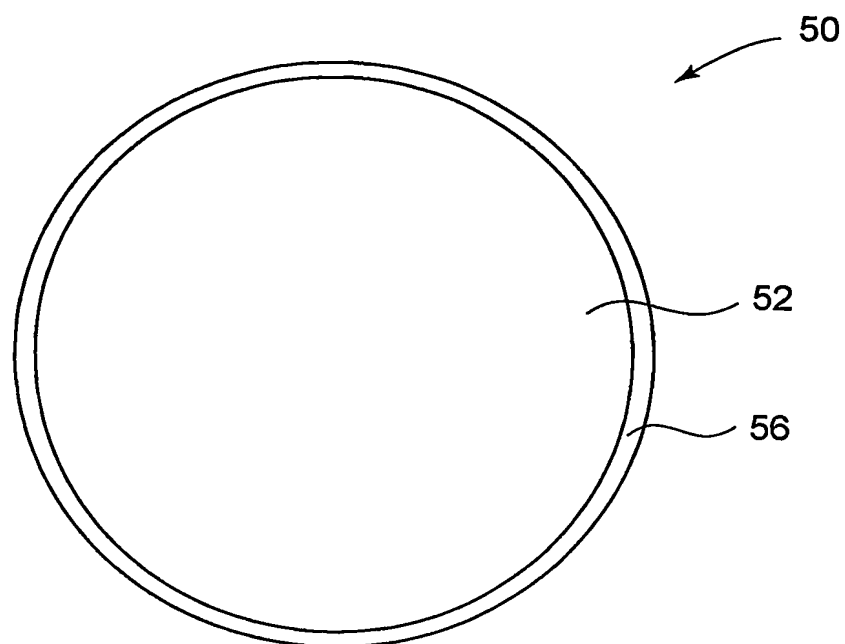




図 6

(a)



(b)

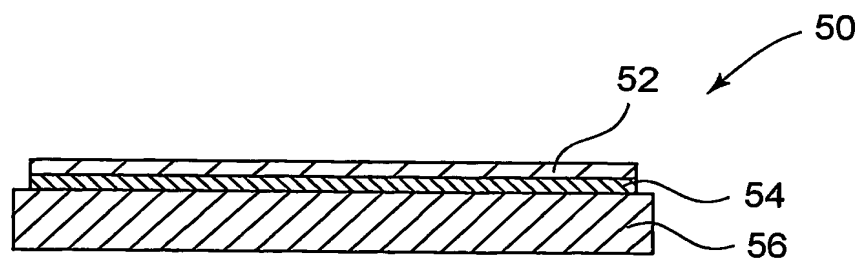
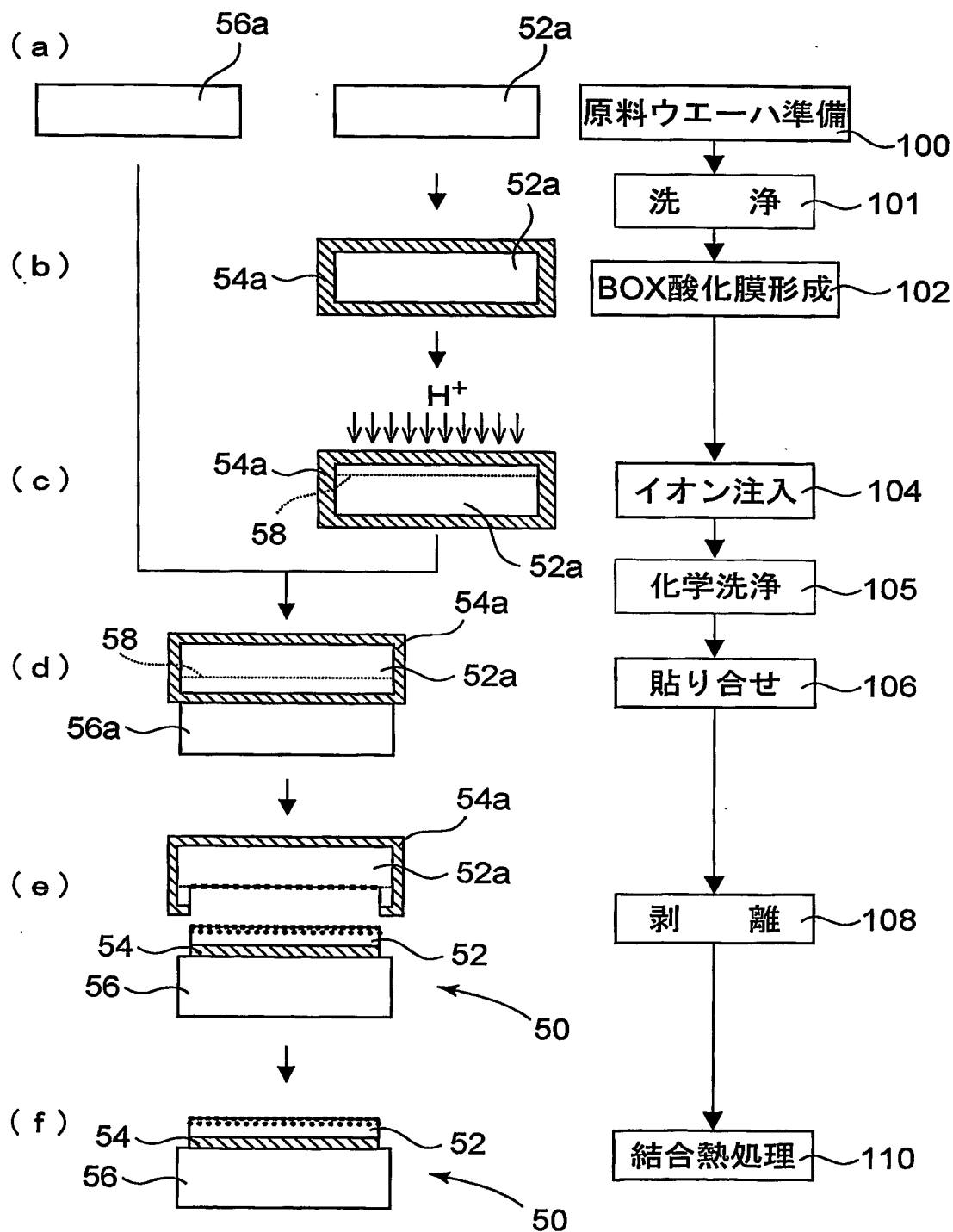


図 7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15326

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/02, H01L21/76, H01L27/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/02, H01L21/76, H01L27/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-232197 A (Sumitomo Sitix Corp.), 05 August, 1997 (05.08.97), Full text; all drawings Full text; all drawings (Family: none)	1, 5 2-4, 6
X Y	JP 8-264740 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 11 October, 1996 (11.10.96), Full text; all drawings Full text; all drawings (Family: none)	1, 5 2-4, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
19 February, 2004 (19.02.04)

Date of mailing of the international search report  
02 March, 2004 (02.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15326

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-84101 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 31 March, 1998 (31.03.98), Full text; all drawings	2-4
Y	Full text; all drawings (Family: none)	1, 5, 6
X	WO 01/17024 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 08 March, 2001 (08.03.01), Full text; all drawings	2-4
Y	Full text; all drawings & JP 2001-144275 A & EP 1137069 A1 & US 2003/20096 A1 & KR 1080335 A	1, 5, 6
Y	WO 02/19414 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 07 March, 2002 (07.03.02), Full text; all drawings & JP 2002-76082 A & EP 1235268 A1 & US 2002/155630 A1 & KR 2039348 A	6

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/15326

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/02, H01L21/76, H01L27/12

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/02, H01L21/76, H01L27/12

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 9-232197 A(住友シチックス株式会社)1997.08.05, 全文, 全図 全文, 全図(ファミリーなし)	1, 5 2-4, 6
X Y	JP 8-264740 A(信越半導体株式会社)1996.10.11, 全文, 全図 全文, 全図(ファミリーなし)	1, 5 2-4, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.02.2004

国際調査報告の発送日

02.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

綿引 隆

4M

2934

電話番号 03-3581-1101 内線 3460

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 10-84101 A(信越半導体株式会社)1998. 03. 31, 全文, 全図 全文, 全図(ファミリーなし)	2-4 1, 5, 6
X Y	WO 01/17024 A1(信越半導体株式会社)2001. 03. 08, 全文, 全図 全文, 全図 &JP 2001-144275 A &EP 1137069 A1 &US 2003/20096 A1 &KR 1080335 A	2-4 1, 5, 6
Y	WO 02/19414 A1(信越半導体株式会社)2002. 03. 07, 全文, 全図 &JP 2002-76082 A &EP 1235268 A1 &US 2002/155630 A1 &KR 2039348 A	6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**